

Heon LEE

Serial No. 10/772,141



별첨 사본은 아래 출원의 원본과 동일함을 증명함.

This is to certify that the following application annexed hereto is a true copy from the records of the Korean Intellectual Property Office.

출원 번호 : 10-2003-0062050  
Application Number

출원 년 월 일 : 2003년 09월 05일  
Date of Application SEP 05, 2003

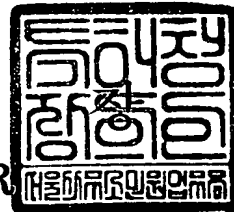
출원인 : 이헌  
Applicant(s) LEE HEON



2004 년 02 월 02 일

특 허 청

COMMISSIONER



## 【서지사항】

【서류명】	특허출원서
【권리구분】	특허
【수신처】	특허청장
【제출일자】	2003.09.05
【발명의 명칭】	나노 임프린팅 리소그래피에 사용되는 투명 스탬프 제조방법
【발명의 영문명칭】	METHOD FOR MANUFACTURING TRANSPARANT STAMP USED IN NANO-IMPRINTING LITHOGRAPHY
【출원인】	
【성명】	이현
【출원인코드】	4-1999-055933-5
【대리인】	
【성명】	박우근
【대리인코드】	9-2001-000375-1
【포괄위임등록번호】	2003-041211-0
【대리인】	
【성명】	박건우
【대리인코드】	9-2001-000036-3
【포괄위임등록번호】	2003-041210-2
【대리인】	
【성명】	연충규
【대리인코드】	9-2002-000205-6
【포괄위임등록번호】	2003-041212-7
【발명자】	
【성명】	이현
【출원인코드】	4-1999-055933-5
【심사청구】	청구
【취지】	특허법 제42조의 규정에 의한 출원, 특허법 제60조의 규정에 의 한 출원심사 를 청구합니다. 대리인 박우근 (인) 대리인 박건우 (인) 대리인 연충규 (인)
【수수료】	
【기본출원료】	20      면                      29,000    원
【가산출원료】	9        면                      9,000    원

1020030062050

출력 일자: 2004/2/3

【우선권주장료】	0	건	0	원
【심사청구료】	9	항	397,000	원
【합계】	435,000	원		
【감면사유】	개인 (70%감면)			
【감면후 수수료】	130,500	원		
【첨부서류】	1. 요약서·명세서(도면)_1통			

**【요약서】****【요약】**

본 발명은, 나노 임프린팅 리소그래피에 사용되는 투명 스탬프의 제조방법에 관한 것으로서, 기판 상에 나노 패턴을 포함하는 패턴이 정의된 마스크 층을 형성하는 단계와; 마스크 층을 사용하여 기판 표면을 식각하여 나노 패턴이 포함된 패턴을 기판으로 전사하는 단계; 마스크 층을 제거하는 단계; 패턴이 형성된 기판에 스탬프를 형성하기 위한 소정 재료를 식각된 나노 패턴을 충전시키도록 증착하는 단계; 스탬프의 기판에 대향되는 일측면에 스탬프의 핸들링을 위한 투명 핸들링 웨이퍼를 본딩하는 단계; 및 기판을 식각하여 제거하는 단계를 포함한다. 이에 의해, 실리콘 기판에 음각의 나노패턴을 형성한 다음, 투명 스탬프로 사용되는 실리콘 산화물, 알루미늄 등의 물질을 증착시켜 양각의 나노패턴을 형성함으로써, 종래에 실리콘 산화물, 실리콘 탄화물 또는 알루미늄에 직접 나노패턴을 형성하기 어려웠던 작업을 간편하게 수행할 수 있고, 스탬프에 보다 용이하게 나노패턴을 형성할 수 있게 된다. 또한, 스탬프에 마이크로 채널을 형성하여 잔여분의 레진을 수용하도록 함으로써, 잔여분의 레진으로 인해 충분한 깊이의 패턴이 형성되지 아니하는 것을 방지하여 정확한 패턴이 형성되도록 할 수 있다.

**【대표도】**

도 3d

**【색인어】**

나노패턴, 임프린팅, 리소그래피, 스탬프

## 【명세서】

## 【발명의 명칭】

나노 임프린팅 리소그래피에 사용되는 투명 스탬프 제조방법 {METHOD FOR MANUFACTURING TRANSPARENT STAMP USED IN NANO-IMPRINTING LITHOGRAPHY}

## 【도면의 간단한 설명】

도 1는 일반적인 나노 임프린팅 리소그래피 과정을 도시한 공정도,

도 2는 자외선을 이용한 나노 임프린팅 과정을 도시한 공정도,

도 3의 (a) 내지 (f)는 본 발명에 따른 투명 스탬프의 제조과정을 도시한 공정도,

도 4의 (a) 내지 (c)는 복잡한 패턴을 형성하는 나노 임프린팅 리소그래피 과정을 도시한 공정도,

도 5의 (a) 내지 (g)는 본 발명의 다른 실시예에 따라 마이크로 채널을 갖는 투명 스탬프의 제조과정을 도시한 공정도,

도 6의 (a) 내지 (c)는 도 5에 의해 제작된 마이크로 채널을 갖는 투명 스탬프를 적용한 나노 임프린팅 리소그래피 과정을 도시한 공정도이다.

\* 도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명 \*

10 : 기판

20 : 레진

30 : 스탬프

33 : 마이크로 채널

35 : 실리콘 산화막

37 : 투명 핸들링 웨이퍼

40 : 실리콘 기판

45 : 식각정지층

**【발명의 상세한 설명】****【발명의 목적】****【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】**

- <12> 본 발명은 나노 임프린트 리소그래피에 사용되는 투명 스탬프 제조방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는, 가공성이 좋은 실리콘(Si)을 이용하여 음각의 패턴을 형성한 다음, 투명 스탬프 재료를 적층시켜 상기 음각 패턴을 채우도록 한 후 실리콘을 제거하여, 상기 적층된 재료로 이루어진 양각의 패턴을 갖는 투명 재질의 스탬프를 제조함으로써, 각 공정의 필요에 따라 다양한 종류의 재료를 적용한 나노소자를 위한 초극미세 패턴을 갖는 스탬프를 보다 용이하게 제조할 수 있도록 한 나노 임프린트 리소그래피에 사용되는 투명 스탬프 제조방법에 관한 것이다.
- <13> 리소그래피(Lithography) 기술은 반도체 웨이퍼 상에 집적회로를 정의한 복잡한 패턴을 인쇄하여 형성하는 기술로서, 오늘날 집적회로의 고 집적도는 리소그래피 기술의 발전에 의해 가능했다고 하여도 과언이 아니다.
- <14> 기존에 널리 사용되던 광학 리소그래피는, 감광막이 도포된 반도체 웨이퍼 상에 고정밀 광학계를 이용하여 축소된 마스크 상의 패턴을 이미지화한다. 이러한 광학 리소그래피는, g-line(435nm), i-line(365nm)을 거쳐서 현재 248nm DUV(Deep Ultraviolet)를 생성하는 KrF(Krypton Fluoride) 엑시머 레이저를 광원으로 사용하고, 해상도를 증가시키기 위한 각종 주변 기술을 접목하여, 현재 125nm보다 작은 크기의 게이트 선폭을 가지는 트랜지스터의 양산이 가능하도록 하였다. 그러나, Moore의 법칙에 따라 IC의 생산성은 광학 리소그래피의 기술보다 더 빠른 속도로 발전하기 때문에 ArF(Argon Fluoride) 193nm 레이저 또는 F<sub>2</sub>(Fluorine)

157nm 레이저 등 KrF보다 더 짧은 파장의 광원을 사용한다고 하더라도 기존의 광학 리소그라피를 이용해서는 70nm 이하의 초극미세 패턴형성은 한계가 있다. 다시 말해, 광학 리소그라피로는 집적회로의 비약적 발전에 따라 곧 요구되어질 0.1um 이하의 선폭을 형성하는 것이 불가능하게 된다(실제로 256Mb DRAM을 만들기 위해서는 최소 0.25micron의 패턴을 만들 수 있어야 하며, 이보다 집적도가 16배 향상된 4Gb DRAM을 만들기 위해서는 최소 0.13micron의 패턴을 만들어야 한다).

<15> 이러한 광학 리소그라피의 한계를 극복하기 위해, 이른바 차세대 리소그라피('Next-Generation Lithographies'(NGL's))라고 불리는 기술로서, EUV 리소그라피(EUVL), X-ray 리소그라피, Ion-beam Projection 리소그라피, Electron-Beam 리소그라피, Dip pen 리소그라피, AFM 및 STM을 이용한 Proximal Probe 리소그라피 등이 제안되어 있으며, 그 중에서 10~14nm 범위의 파장을 갖는 극자외선(EUV, Extreame Ultraviolet)을 사용하는 EUVL은 선두의 NGL 기술로 알려져 있다.

<16> 이러한 EUV 리소그라피(EUVL)는 광학 리소그라피와 많은 유사점을 가지나, EUV가 거의 모든 물질에서 강하게 흡수되기 때문에 EUV의 사용은 진공에서 이루어져야 하고 기존의 굴절형 광학계가 아닌 반사형 광학 시스템을 사용하여 이루어져야 한다. 그러나 정사 입사각에서는 EUV의 반사율이 매우 낮기 때문에 반사표면을 Distributed Bragg Reflect로 알려진 박막으로 다층 코팅해야 하며, 완벽한 거울이 필요하기 때문에 매우 발달된 연마와 계측기술이 필요하다. 또한, 일반적인 광 포토레지스트에서의 EUV 흡수율이 매우 높기 때문에 새로운 레지스트와 공정기술이 적용되어야 하므로, 많은 기술적 어려움과 복잡한 제작과정에 의해 이 기술이 상용화가 되기 위해서는 아직 많은 연구들이 선행되어야 한다.

- <17> X-ray 리소그래피의 경우, 25nm의 초극미세 패턴의 형성이 가능하나 고출력의 소스(싱크로트론 소스 등) 제작이 필요함으로 인해 공정 비용이 많이 소모될 뿐만 아니라, 광학시스템 및 마스크의 제조가 기술적으로 어렵고 고가이므로 상용화가 어려울 것으로 보인다.
- <18> Ion-beam 리소그래피는 이온빔을 집속하면서 마스크의 패턴을 레지스트에 축소하여 투영하는 방법으로, 색수차와 공간전하에 의한 이온빔 단면의 변형문제를 기술적으로 극복하기 어려워 아직까지 1 $\mu$ m 정도의 해상도 밖에 이루지 못하고 있으므로 이 기술이 나노 소자의 제조에 적용되기에는 많은 문제가 있다.
- <19> Electron-Beam(e-beam) 리소그래피는, X-ray 리소그래피에 비해 상대적으로 저렴한 비용으로 초극미세 패턴을 형성할 수는 있으나 시간당 처리량(throughput)이 작아 실제 생산 현장에서 대량 생산에 사용되기는 본질적으로 한계를 갖고 있다.
- <20> Dip pen 리소그래피 및 AFM 및 STM을 이용한 Proximal Probe 리소그래피는, 수 nm 또는 원자 및 분자 크기의 패턴형성이 가능하기는 하나 생산성 및 기술적 완성도가 낮아 아직 생산 현장에 사용하기에는 무리가 있다.
- <21> 이와 같이, 상기한 리소그래피 방법은, 최대 패터닝 면적이 작고, 패터닝 속도 및 처리량이 너무 낮을 뿐만 아니라 비용이 과도히 소모된다는 문제점을 갖고 있어 나노패턴의 경제적인 대량생산이라는 측면에 문제가 있다. 또한, 적용하기 위해서 다단계의 전처리 과정을 거치거나 복잡한 장치를 필요로 하거나, 패턴의 높이가 마스크로 사용될 수 없을 정도로 작다는 등의 이유로 실제 나노패턴 공정에서의 적용은 지극히 비현실적이다.
- <22> 이러한 리소그래피 방법들에 반해, 프린스턴 대학의 Stephen Chou교수에 의해 제안된 나노 임프린팅 리소그래피 방법은, 나노 구조물 및 나노 소자의 경제적인 대량생산을 위한 기술



로 각광받고 있다. 위에서 제안된 나노 임프린팅 리소그래피 방법이란, PMMA(Polymethylmethacrylate) 등의 열가소성 폴리머 등으로 코팅한 기판표면을 나노 크기의 구조물(100nm이하)을 갖는 스탬프(stamp)로 압착하여 레진 표면위에 스탬프의 패턴을 옮기는 방법이다. 이 때, 레진에 각인된 나노구조는 스탬프의 형상과 동일하게 형성되며, 스탬프는 주로 나노크기의 패턴을 가진 실리콘, 실리콘 산화물 등으로 제작된다.

- <23> 이러한 임프린팅 리소그래피 공정을, 도 1을 참조하여 간략하게 설명하면 다음과 같다.
- <24> 실리콘 웨이퍼로 형성된 기판(10)위에 PMMA(25) 등의 열가소성 폴리머 등으로 코팅(20)하고, 미리 제작된 나노 패턴을 갖는 스탬프(31)를 PMMA(25)를 향해 가압한다. 이렇게 임프린팅하는 동안 PMMA(25)를 유리전이 온도 이상으로 가열하여 점액 상태가 되어 스탬프(31)의 패턴이 잘 각인되도록 한 다음, PMMA(25)가 유리전이 온도 이하로 떨어질 때까지 압축상태를 유지시킨 후, 스탬프(31)를 PMMA(25)로부터 분리시킨다.
- <25> 그런데, 이러한 임프린팅 리소그래피에 일반적으로 사용되는 PMMA(25)는 나노패턴의 형성을 위해 임프린팅시 180℃이상의 높은 온도와 1000psi에 이르는 높은 압력을 가해야 한다. 이는 낮은 압력에서는 스탬프(31)의 패턴이 PMMA(25)로 완벽하게 전환되지 않기 때문이며, 이러한 고온고압의 조건을 수행하기 위해서는 복잡한 구조의 임프린팅 시스템이 필요하고 시스템의 응용이 제한된다는 단점이 있다. 또한, 높은 압력에서는 실리콘 산화물로 형성된 스탬프(31)의 양각 부분과 PMMA(25)의 접촉시 양각부분이 변형되거나 파손되는 등의 문제점이 있다. 그리고 스탬프(31)와 기판(10) 및 PMMA(25)가 모두 가열됨에 따라, PMMA(25)에 대한 스탬프(31)와 기판(10)의 열팽창계수의 차로 인해 오정렬(misalignment)의 문제가 발생하게 된다.
- <26> 이러한 문제점을 해결하기 위하여, 도 2a에 도시된 바와 같이, PMMA(25) 대신 자외선에 의해 중합 반응하는 레진(20)을 사용하고, 기판(10)이나 스탬프(30)를 투명재질로 형성하여 자

외선의 투과가 가능하도록 하는 나노 임프린팅 리소그래피가 개발되어 있다. 기판(10)이나 스탬프(30)를 투명재질로 형성함에 따라 레진(20)을 자외선으로 노광 처리할 수 있으므로, 가열 과정이 필요없거나 낮은 온도로 가열하게 된다. 따라서 가열에 따른 오정렬(misalignment) 문제를 방지할 수 있으며, 기존에 PMMA(25)를 가열하고 냉각시키는데 소요되었던 시간을 최소화할 수 있다.

<27> 또한, 일반적으로 투명 스탬프(30)는 도 2b에 도시된 바와 같이, 실리콘 산화막이나 알루미늄이나 전자빔 리소그래피를 사용하여 나노패턴을 형성하고, 이를 식각하여 필요한 양각의 패턴을 형성한 후, 실리콘 산화막이나 알루미늄의 후면에 석영이나 퀴츠(quartz) 유리를 본딩하여 핸들링이 가능하도록 하고 있다. 그러나, 도 2b에 도시된 바와 같이 컨택 홀이나 라인을 최종 목적으로 하는 소자 제조용 기판(마스크 제조용 기판이 아님) 위에 형성하도록 하기 위해서는 마스크의 패턴은 그와 역의 양각을 가져야하기 때문에 PMMA 위에 홀의 패턴을 형성하기 위해서는 마스크 제조 시에는 역으로 아일랜드(island) 형의 패턴이 형성되어야 한다. 나노 소자의 제조를 위한 홀이나 라인은 좁은 선폭에 의하여 일반적으로 높은 어스펙트비(aspect ratio)를 갖게 되고, 이러한 높은 어스펙트비를 갖는 아일랜드 형 패턴을 실리콘 산화막이나 알루미늄 등의 표면에 리소그래피 및 식각을 통하여 직접 구현하는 것은 매우 어려운 공정 기술이다.

<28> 먼저, 나노 임프린팅시, 레진(resin)(20)을 향해 스탬프(30)를 가압하면, 스탬프(30)에 형성된 양각 패턴에 의한 압축에 의해 레진의 부피 감소가 이루어지고, 남은 부피의 레진은 외부로 유출되어야 한다. 그러나 레진의 부피 수축율이 낮거나 패턴이 너무 조밀할 경우에는 여분의 레진(20)의 처리가 불가능하여 패턴을 제대로 형성할 수 없게 된다.

<29> 또한, 이러한 나노 임프린팅 리소그래피 과정의 반복으로 인해, 스탬프(30)가 고온 고압의 상태에 지속적으로 노출되므로, 스탬프(30)의 나노패턴이 마모되는 문제가 있다. 이를 위하여 경도가 우수한 실리콘 탄화막을 적용하는 것을 고려해 볼 수 있으나, 실리콘 탄화막은 아직 식각 등의 처리 공정이 충분히 개발되어 있지 못하여 그 가공성이 낮으므로 실리콘 탄화막을 직접 가공하여 상술한 나노 패턴의 몰드를 제조하는 것은 매우 어렵다는 문제가 있다.

**【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】**

<30> 본 발명은 위와 같은 문제점을 해결하기 위한 것으로, 실리콘의 높은 가공성을 이용함으로써 손쉽게 나노 패턴을 형성할 수 있고, 이에 다양한 마스크 재료를 적용할 수 있어 보다 용이하게 투명 스탬프를 제작하는 것이 가능하도록 하는 나노 임프린팅 리소그래피에 사용되는 투명 스탬프의 새로운 제조방법을 제공하는 것이다.

<31> 본 발명의 다른 목적은, 임프린팅시 발생하는 여분의 레진을 처리함으로써, 정확한 패턴의 형성이 가능하도록 하는 나노 임프린팅 리소그래피에 사용되는 투명 스탬프의 새로운 제조방법을 제공하는 것이다.

**【발명의 구성 및 작용】**

<32> 이와 같은 목적을 달성하기 위한 본원 발명의 나노 임프린팅 리소그래피에 사용되는 투명 스탬프의 제조방법은: 기판 상에 나노 패턴을 포함하는 패턴이 정의된 마스크 층을 형성하는 단계와; 상기 마스크 층을 사용하여 상기 기판 표면을 식각하여 상기 나노 패턴이 포함된 패턴을 상기 기판으로 전사하는 단계; 상기 마스크 층을 제거하는 단계; 상기 패턴이 형성된 기판에 스탬프를 형성하기 위한 소정 재료를 상기 식각된 나노 패턴을 충전시키도록 증착하는

단계; 상기 스탬프의 상기 기판에 대향되는 일측면에 상기 스탬프의 핸들링을 위한 투명 핸들링 웨이퍼를 본딩하는 단계; 및 상기 기판을 식각하여 제거하는 단계를 포함한다.

<33> 바람직하게는, 상기 기판 상에 마스크 층을 형성하는 단계는: 상기 기판에 포토레지스트를 도포하고, 전자 빔에 의한 노광 및 현상하는 단계를 포함한다.

<34> 여기서, 상기 기판은 실리콘 또는 산화 실리콘 기판인 것이 바람직하다.

<35> 또한, 상기 스탬프를 형성하기 위한 재료는 실리콘 산화막, 실리콘 탄화막, 실리콘 질화막 및 산화알루미늄으로 이루어진 군에서 선택된 어느 한 재료일 수 있다.

<36> 바람직하게는 본 발명의 나노 임프린팅 리소그래피에 사용되는 투명 스탬프의 제조방법은, 상기 마스크를 제거하는 단계 후, 상기 패턴이 형성된 기판에 식각을 제한하는 식각정지층을 형성하는 단계를 더 포함하며, 상기 식각정지층은 내식성이 강한 질화 실리콘 등을 이용한 불순물층이나 전기화학적 경계층으로 형성되는 것을 특징으로 한다.

<37> 바람직하게는 본 발명의 나노 임프린팅 리소그래피에 사용되는 투명 스탬프의 제조방법은, 상기 기판에 스탬프를 형성하는 재료를 증착시키는 단계 후, 상기 증착된 재료 상부를 평탄화하는 단계를 더 포함할 수 있다.

<38> 바람직하게는 본 발명의 나노 임프린팅 리소그래피에 사용되는 투명 스탬프의 제조방법은, 상기 기판을 식각하여 제거하는 단계 후, 상기 식각정지층을 제거하는 단계를 더 포함할 수 있다.

<39> 또한, 본 발명의 나노 임프린팅 리소그래피에 사용되는 투명 스탬프의 제조방법은, 스탬프 상에 마이크로 채널의 형성을 위하여, 상기 기판에 스탬프를 형성하는 재료를 증착시킨 후, 상기 재료 위에 포토레지스트를 도포하는 단계와; 상기

포토리지스트에 임프린팅시 발생하는 잔여의 레진을 수용하는 마이크로 채널에 대한 패턴을 정의하기 위하여 노광하는 단계와; 상기 포토리지스트를 현상하고 상기 마이크로 채널 영역을 식각하여 제거하는 단계를 더 포함할 수 있다.

<40> 여기서, 상기 포토리지스트에 상기 마이크로 채널에 대한 패턴을 노광하는 단계는, 광학 리소그래피에 사용되는 g-line(435nm), i-line(365nm), 248nm DUV(Deep Ultraviolet)를 생성하는 KrF(Krypton Fluoride) 엑시머 레이저 중 적어도 하나를 광원으로 사용하는 것일 수 있다.

<41> 이하 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 구체적인 실시예에 관하여 상세히 설명한다.

<42> 본 나노 임프린팅 리소그래피에 사용되는 투명 스탬프의 제조방법은, 실리콘(Si)을 이용하여 음각의 패턴을 형성한 다음, 투명재질의 스탬프 재질을 적층시킨 후 실리콘을 제거하여 양각의 패턴을 갖는 투명재질의 스탬프를 제조함으로써, 제조가 용이하며, 나노소자의 초극미세 패턴형성이 가능하도록 한다. 또한, 스탬프에 여분의 레진을 수용하기 위한 마이크로 채널을 형성함으로써, 복잡한 패턴도 정확하게 형성할 수 있도록 한다.

<43> 일반적으로 투명 스탬프를 사용하는 나노 임프린팅 리소그래피는, 도 1에 도시된 바와 같이, 나노미터 사이즈의 패턴을 기판(10)에 형성하기 위한 과정으로서, 레진(20)이 코팅된 기판(10)에 나노미터 사이즈의 패턴을 갖는 스탬프(30)를 임프린팅하는 공정이다. 스탬프(30)의 패턴을 임프린팅하는 동안, 자외선을 이용하여 레진(20)을 가열하여 중합반응시키면 스탬프(30)의 패턴이 임프린팅되며, 임프린팅 후 소정의 냉각시간이 경과하면, 스탬프(30)를 레진(20)으로부터 분리함으로써, 패턴이 형성된다.

- <44> 이렇게 투명 스탬프(30)를 이용하여 나노 임프린팅 리소그래피를 수행할 경우, 레진(20)은 자외선에 의해 중합반응을 일으킬 수 있는 재질을 사용하여야 하며, 스탬프(30)나 기판(10)은 자외선이 통과할 수 있어야 하므로 자외선 영역에 투명한 재질을 사용한다.
- <45> 이러한 나노 임프린팅 리소그래피에 사용되는 투명 스탬프(30)는, 실리콘 기판(40)에 음각의 패턴을 형성하고, 스탬프(30)로 사용되는 물질을 증착시켜 양각의 패턴을 형성한다. 이에, 도 3의 (a) 내지 (f)를 참조하여 투명 스탬프(30)를 제조하는 과정에 대해 자세한 제조공정을 설명한다.
- <46> 실리콘 기판(40)에 음각의 패턴을 형성하기 위해 먼저 포토레지스트를 코팅한다. 실리콘 기판(40)을 사용하는 이유는, 실리콘을 대상으로 한 미세 가공 기술은 이미 확립되어 있으므로, 이러한 실리콘을 기판으로 사용할 경우 가공성이 양호하여 나노미터 크기의 미세패턴을 구현하기에 적합하며, 가격 및 재료의 질 측면에서도 실리콘 웨이퍼(wafer)는 좋은 기판 재료이기 때문이다.
- <47> 여기서, 이러한 실리콘 상의 포토레지스트를 노광시키기 위한 광원으로는 e-beam 리소그래피에서 사용되는 e-beam을 이용한다. e-beam은 일반적으로 나노패턴 형성을 위한 다른 방법들보다 상대적으로 저렴하게 나노미터 크기의 초극미세 패턴을 만들 수 있다는 장점이 있으나, 처리량이 너무 낮아 일반적인 대량생산을 위한 리소그래피 공정에 적용하는 것은 어렵다. 그러나, 본 발명에서와 같은 투명 스탬프(30)를 제조하는 공정에서는 대량 생산을 요하는 공정이 아니므로, 저렴하고 초극미세 패턴이 가능하다는 e-beam의 장점을 충분히 활용할 수 있다. 물론, e-beam 이외에 EUV, X-ray, Ion-beam 등 나노패턴을 형성할 수 있는 다양한 광선을 사용할 수 있음은 물론이다.

- <48> 이렇게 e-beam에 의한 노광이 완료되면, 현상(PR Develop) 공정을 통해 노광되지 아니한 영역의 포토레지스트를 제거한다. 그런 다음, 식각공정을 행하여 노광되지 아니한 영역을 식각시키며, 일반적으로 식각은 화학용액을 이용한 습식식각과, 플라즈마를 이용한 건식 습각으로 분류된다. 실리콘의 노광되지 아니한 영역이 식각되어 패턴이 형성되면, Ashing 과정을 통해 포토레지스트가 제거되어, 도 3의 (a)에 도시된 바와 같이, 실리콘 기판(40)에 음각의 패턴이 완성된다.
- <49> 이러한 실리콘 기판(40)의 패턴이 형성된 면에는, 도 3의 (b)에 도시된 바와 같이, 식각정지층(45)을 형성하며, 식각정지층(45)은 식각이 더 이상 진행되는 것을 제한함으로써, 식각하고자 하는 실리콘 기판(40)이 과도한 식각으로 인해 손상되는 것을 방지하기 위한 것이다. 일반적으로 식각정지층(45)은 내식성이 강한 불순물층이나 전기화학적 경계층으로 형성할 수 있으며, 불순물로는 질화 실리콘 등을 사용할 수 있다.
- <50> 이렇게 식각정지층(45)이 형성한 다음, 도 3의 (c)에 도시된 바와 같이, 실리콘 기판(40)에 스탬프(30)로 사용될 투명한 재질의 물질을 증착시켜 나노패턴이 충전되도록 한다. 이때, 스탬프(30)는 실리콘 산화막(35)( $\text{SiO}_2$ )이나, 알루미나( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )등으로 형성되는 막을 갖는다(이하, 실리콘 산화막으로 통칭함). 실리콘 기판(40)에 실리콘 산화막(35)의 증착이 완료되면, 실리콘 산화막(35)의 상면을 평탄화시키며, 이 때, 평탄화 방법으로는 CMP 또는 에치백(etch back) 등을 사용할 수 있다. 이와 같은 평탄화된 표면은 반드시 필요한 것은 아니며, 후속 공정이 어떠한 것인가에 따라서 생략될 수도 있다. 이러한 경우, BPSG 또는 SOG 등의 유동성 산화막을 사용하여 적절한 정도의 평탄화를 수행하도록 할 수도 있다.
- <51> 이렇게 평탄화된 실리콘 산화막(35) 표면에, 도 3의 (d)에 도시된 바와 같이, 투명 핸들링 웨이퍼(37)를 본딩(bonding)한다. 투명 핸들링 웨이퍼(37)로는, 석영(quartz), 사파이어

(sapphire), pyrex 유리(pyrex glass) 등이 사용된다. 이렇게 투명 핸들링 웨이퍼(37)가 본딩 되면, 도 3의 (e)에 도시된 바와 같이, 하부의 실리콘 기판(40)을 식각하여 모두 제거한다. 이 때, 실리콘 기판(40)과 실리콘 산화막(35) 사이에 형성된 식각정지층(45)에 의해 실리콘 산화막(35)이 식각되는 것을 방지할 수 있다. 실리콘 기판(40)이 모두 제거되면, 도 3의 (f)에 도시된 바와 같이, 식각정지층(45)을 제거함으로써 나노 임프린팅 스탬프(30)의 제조를 완료한다.

<52> 이러한 투명 스탬프(30)를 이용한 나노 임프린팅 리소그래피 공정을, 도 1을 참조하여 살펴보면 다음과 같다.

<53> 먼저, 패턴을 형성해야 하는 실리콘 기판(40) 위에 레진(20)을 코팅하며, 레진(20)은 자외선에 중합반응할 수 있는 재질로 선택한다. 그리고 스탬프(30)의 패턴이 양각으로 형성된 면에는 릴리징층(releasing layer)를 형성한다. 릴리징 층은 스탬프(30)와 레진(20)과의 접착을 방지하기 위한 반접착코팅층으로서, SAM(Self-Assembled mono layer)를 형성하여 마련된다. 레진(20)과 스탬프(30)가 코팅되면, 스탬프(30)로 레진(20)을 가압하며, 이렇게 레진(20)을 가압할 때, 가압압력이 낮으면 스탬프(30)의 양각 부분에 공기가 갇혀 패턴이 제대로 형성되지 아니하는 버블현상을 유발할 수 있다. 따라서, 일정 이상의 압력으로 스탬프(30)를 가압하여야 한다.

<54> 이렇게 스탬프(30)를 가압한 상태에서 레진(20)에 스탬프(30)의 패턴이 명확하게 임프린팅되도록 레진(20)에 자외선을 조사하여 중합반응을 일으킨다. 이와 같이 자외선을 사용하는 경우, 기판(10)이나 스탬프(30)가 가열되지 않아 열팽창계수의 차에 의한 misalignment를 방지할 수 있게 된다.



<55> 상술한 바와 같이, 스탬프(30)를 반복 사용하여 리소그래피 공정을 계속 진행하게 되면, 고온고압 공정의 반복으로 인해 스탬프(30)의 마모가 발생하게 된다. 스탬프(30)의 마모를 늦추기 위해서는 실리콘, 실리콘 산화물이 아닌 실리콘 탄화물(실리콘 카바이드)로 제작하여 스탬프(30)의 강도를 보강함으로써 마모의 진행을 늦출 수 있다. 종래 기술의 방법과 같이 스탬프(30)를 직접 가공할 경우, 실리콘 탄화물을 직접 미세 가공 처리하여 나노 패턴을 갖는 스탬프(30)를 제작하는 것은 매우 어려운 공정이나, 본 발명의 방법을 적용하여 실리콘 기판 위에 나노 크기의 음각 패턴을 형성하고 실리콘 탄화물로 이를 채우는 과정을 통하여 스탬프(30)를 제조하는 경우 보다 간단히 실리콘 탄화물로 이루어진 스탬프(30)를 얻을 수 있게 된다.

<56> 한편, 이러한 나노 임프린팅 리소그래피 공정은, 스탬프(30)로 레진(20)을 가압하기 때문에 레진(20)의 양이 과다할 경우에는, 도 4의 (a) 내지 (c)에 도시된 바와 같이, 스탬프(30)의 패턴이 레진(20)의 하부까지 충분히 도달하지 못하게 되어 패턴을 형성할 수 없다. 따라서, 레진(20)이 기판(10)에 얼마나 얇게 코팅되는지가 정확한 패턴의 형성에 중요한 요인이 된다. 그러나, 레진(20)이 얇게 코팅되더라도, 스탬프(30)의 가압으로 인해 양각으로 형성된 스탬프(30)의 패턴 영역에 대응되는 레진(20)은 압축이 되거나 기판(10)의 외부로 유출되며 이는 misalignment의 원인이 될 수도 있다. 특히, 도 4의 (c)에 표시된 A영역처럼 패턴의 밀도가 높은 경우에는 패턴 형성에 심각한 문제를 유발할 수 있다.

<57> 이를 방지하기 위해, 다음과 같은 마이크로 채널(33)을 갖는 스탬프(30)가 제시된다. 본 실시예의 스탬프(30)는, 양각으로 형성된 패턴과 패턴 사이에 스탬프(30)의 음각면보다 소정 더 함몰된 마이크로 채널(33)이 형성되며, 이 마이크로 채널(33)에는 스탬프(30)가 레진(20)에 임프린팅할 때, 스탬프(30)의 양각으로 인해 압축되거나 유출될 레진(20)의 잔여분이 수용된다.

- <58> 이러한 마이크로 채널(33)을 갖는 스탬프(30)의 제조과정을 도 5의 (a) 내지 (g)를 참조하여 살펴보면 다음과 같다.
- <59> 상기의 실시예에서와 마찬가지로, 실리콘 기판(40)에 포토레지스트를 코팅하고, e-beam 을 이용하여 패턴대로 포토레지스트를 노광시킨다. 노광이 완료되면, 현상(PR Develop) 공정을 통해 노광되지 아니한 영역의 포토레지스트를 제거한다. 그런 다음, 식각공정을 행하여 노광되지 아니한 영역을 식각하여 패턴이 형성시키고, Ashing 과정을 통해 포토레지스트를 제거하여, 도 5의 (a)에 도시된 바와 같이, 실리콘 기판(40)에 패턴을 형성한다.
- <60> 이렇게 실리콘 기판(40)의 패턴이 형성된 면에는, 도 5의 (b)에 도시된 바와 같이, 식각정지층(45)을 형성하고, 식각정지층(45)이 형성된 실리콘 기판(40)에, 도 5의 (c)에 도시된 바와 같이, 스탬프(30)로 사용될 실리콘 산화막(35) 등 투명한 재질의 물질을 증착시켜 나노패턴이 충전되도록 한다. 실리콘 기판(40)에 실리콘 산화막(35)의 증착이 완료되면, 실리콘 산화막(35)의 상면을 평탄화시키며, 이 때, 평탄화 방법으로는 CMP 또는 에치백(etch back) 등을 사용할 수 있다.
- <61> 그런 다음, 마이크로 채널(33)을 형성하기 위해 실리콘 산화막(35)의 상면에 포토레지스트를 도포한 다음, 스탬프(30)에 형성될 마이크로 채널(33)의 패턴을 고정밀 카메라를 이용하여 축소된 이미지화한다. 이렇게 형성되는 마이크로 채널(33)은 그 크기나 간격면에서 나노패턴처럼 폭이 좁거나 복잡하지 아니하므로, 종래의 광학 리소그래피에서 사용하던 g-line(435 nm), i-line(365nm)을 거쳐서 현재 248nm DUV(Deep Ultraviolet)를 생성하는 KrF(Krypton Fluoride) 엑시머 레이저를 광원으로 하여 형성할 수 있다.
- <62> 이러한 노광 후, 현상(PR Develop) 공정을 통해 실리콘 산화막(35)의 노광되지 아니한 영역의 포토레지스트를 제거한다. 그런 다음, 도 5의 (d)에 도시된 바와 같이, 식각공정을 행

하여 스탬프(30)의 노광되지 아니한 영역을 식각시켜 마이크로 채널(33)을 형성한다. 마이크로 채널(33)의 형성되면, Ashing 과정을 통해 포토레지스트를 제거하고, 도 5의 (e)에 도시된 바와 같이, 스탬프(30)의 상면에 투명 핸들링 웨이퍼(37)를 본딩하여 결합시킨다. 그런 다음, 도 5의 (f)와 (g)에 도시된 바와 같이, 식각공정을 통해 실리콘 기판(40)과 식각정지층(45)을 순차적으로 제거하여 스탬프(30)를 완성한다.

<63> 이러한 제조공정을 통해 제작된 마이크로 채널(33)이 형성된 스탬프(30)를 이용하여 나노 임프린팅 리소그래피 공정을 수행하는 과정을 도 6의 (a) 내지 (c)를 참조하여 간단하게 설명하면 다음과 같다.

<64> 도 6의 (a)에 도시된 바와 같이, 레진(20)이 코팅된 기판(40)을 향해 마이크로 채널(33)이 형성된 스탬프(30)를 가압하면, 도 6의 (b)에 도시된 바와 같이, 스탬프(30)의 양각으로 형성된 패턴으로 인해 발생하는 잔여분의 레진(20)이 마이크로 채널(33)로 수용된다. 이렇게 임프린팅하는 동안 자외선이 조사되며, 자외선에 의해 레진(20)이 중합반응을 하여 패턴이 임프린팅된다. 폴리머(20)가 냉각되기 위한 일정 시간이 경과하면, 도 6의 (c)에 도시된 바와 같이, 패턴이 임프린팅된 기판(10)이 완성된다. 완성된 기판(10)에는 패턴이 음각으로 형성되며, 마이크로 채널(33)이 형성되었던 영역에는 잔여분의 레진(20)으로 인해 양각의 패턴이 형성된다. 이러한 양각의 패턴은 추후에 레진(20)을 제거하는 경우에는 그대로 두고, 레진(20)을 제거하지 아니할 경우에는 별도의 평탄화 공정을 통해 제거할 수도 있다.

<65> 이와 같이, 본 발명의 상세한 설명에서는 구체적인 실시예들에 관해 설명하였으나, 본 발명의 범주에서 벗어나지 않는 한도 내에서 여러가지 변형이 가능함은 물론이다. 그러므로, 본 발명의 범위는 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 안되며 후술하는 특허청구범위 뿐만 아니라 이 특허청구범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

**【발명의 효과】**

<66> 이와 같이, 본 발명의 나노 임프린팅 리소그래피를 위한 투명 스탬프 제조 방법에서는, 미세 가공성이 좋은 실리콘 등의 기판에 음각의 나노패턴을 형성한 다음, 투명 스탬프로 사용되는 실리콘 산화물, 실리콘 탄화물, 알루미나 등의 물질을 증착시켜 양각의 나노패턴을 형성함으로써, 종래에 실리콘 산화물, 실리콘 탄화물 또는 알루미나 등의 재료에 직접 높은 어스펙트비의 나노패턴을 형성하기 어려웠던 문제점을 극복하고 보다 용이하게 나노패턴을 갖는 스탬프를 다양한 재료로 구현할 수 있도록 한다.

<67> 또한, 스탬프에 마이크로 채널을 형성하여 잔여분의 레진을 수용하도록 함으로써, 잔여분의 레진으로 인해 충분한 깊이의 패턴이 형성되지 아니하는 것을 방지하여 정확한 패턴이 형성되도록 한다.

**【특허청구범위】****【청구항 1】**

나노 임프린팅 리소그래피에 사용되는 투명 스탬프의 제조방법에 있어서,

기판 상에 나노 패턴을 포함하는 패턴이 정의된 마스크 층을 형성하는 단계와;

상기 마스크 층을 사용하여 상기 기판 표면을 식각하여 상기 나노 패턴이 포함된 패턴을  
상기 기판으로 전사하는 단계;

상기 마스크 층을 제거하는 단계;

상기 패턴이 형성된 기판에 스탬프를 형성하기 위한 소정 재료를 상기 식각된 나노 패턴  
을 충전시키도록 증착하는 단계;

상기 스탬프의 상기 기판에 대향되는 일측면에 상기 스탬프의 핸들링을 위한 투명 핸들  
링 웨이퍼를 본딩하는 단계; 및

상기 기판을 식각하여 제거하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 나노 임프린팅 리  
소그래피에 사용되는 투명 스탬프의 제조방법.

**【청구항 2】**

제 1 항에 있어서,

상기 기판 상에 마스크 층을 형성하는 단계는:

상기 기판에 포토레지스트를 도포하고, 전자 빔에 의한 노광 및 현상하는 단계를 포함하  
는 나노 임프린팅 리소그래피에 사용되는 투명 스탬프의 제조방법.

**【청구항 3】**

제 1 항에 있어서,

상기 기판은 실리콘 또는 산화 실리콘 기판인

나노 임프린팅 리소그래피에 사용되는 투명 스탬프의 제조방법.

【청구항 4】

제 1 항에 있어서,

상기 스탬프를 형성하기 위한 재료는

실리콘 산화막, 실리콘 탄화막, 실리콘 질화막 및 산화알루미늄으로 이루어진 군에서 선택된 어느 한 재료인 나노 임프린팅 리소그래피에 사용되는 투명 스탬프의 제조방법.

【청구항 5】

제 1 항에 있어서,

상기 마스크를 제거하는 단계 후, 상기 패턴이 형성된 기판에 식각을 제한하는 식각정지층을 형성하는 단계를 더 포함하며, 상기 식각정지층은 내식성이 강한 질화 실리콘 등을 이용한 불순물층이나 전기화학적 경계층으로 형성되는 것을 특징으로 하는 나노 임프린팅 리소그래피에 사용되는 투명 스탬프의 제조방법.

【청구항 6】

제 1 항에 있어서,

상기 기판에 스탬프를 형성하는 재료를 증착시키는 단계 후, 상기 증착된 재료 상부를 평탄화하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 나노 임프린팅 리소그래피에 사용되는 투명 스탬프의 제조방법.

**【청구항 7】**

제 5 항에 있어서,

상기 기판을 식각하여 제거하는 단계 후, 상기 식각정지층을 제거하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 나노 임프린팅 리소그래피에 사용되는 투명 스탬프의 제조방법.

**【청구항 8】**

제 1 항에 있어서,

상기 기판에 스탬프를 형성하는 재료를 증착시킨 후, 상기 재료 위에 포토레지스트를 도포하는 단계와;

상기 포토레지스트에 임프린팅시 발생하는 잔여의 레진을 수용하는 마이크로 채널에 대한 패턴을 정의하기 위하여 노광하는 단계와;

상기 포토레지스트를 현상하고 상기 마이크로 채널 영역을 식각하여 제거하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 나노 임프린팅 리소그래피에 사용되는 투명 스탬프의 제조방법.

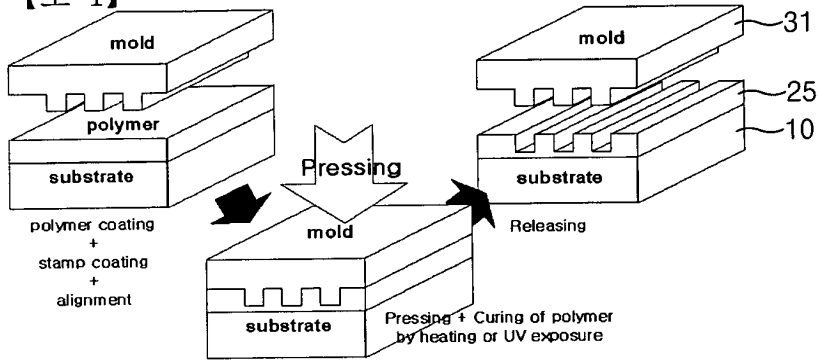
**【청구항 9】**

제 8 항에 있어서,

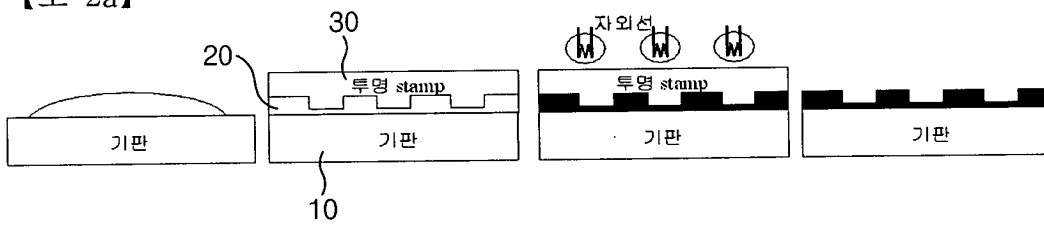
상기 포토레지스트에 상기 마이크로 채널에 대한 패턴을 노광하는 단계는, 광학 리소그래피에 사용되는 g-line(435nm), i-line(365nm), 248nm DUV(Deep Ultraviolet)를 생성하는 KrF(Krypton Fluoride) 엑시머 레이저 중 적어도 하나를 광원으로 사용하는 것을 특징으로 하는 나노 임프린팅 리소그래피에 사용되는 투명 스탬프의 제조방법.

【도면】

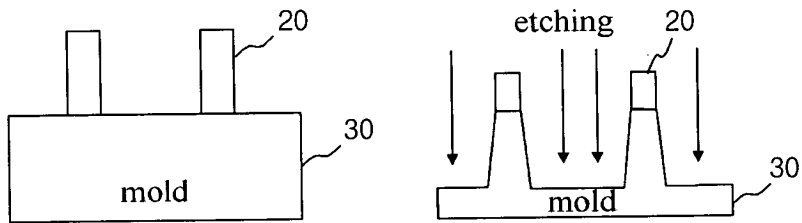
【도 1】



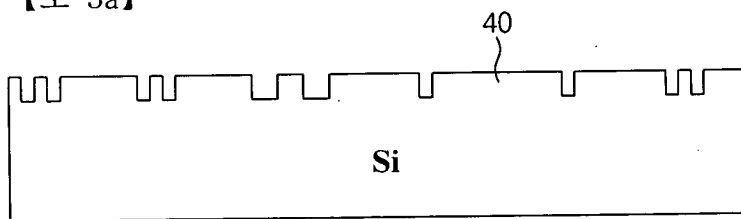
【도 2a】



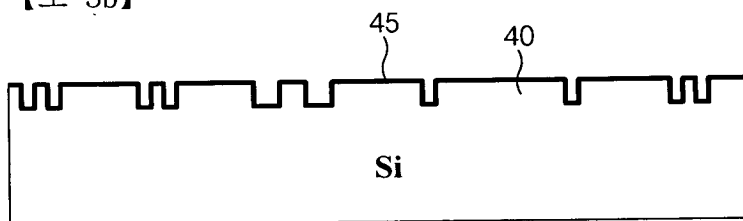
【도 2b】



【도 3a】

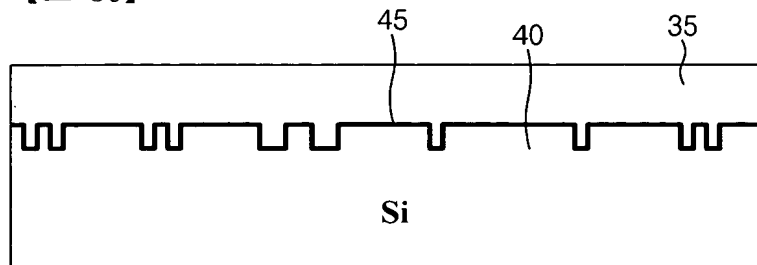


【도 3b】

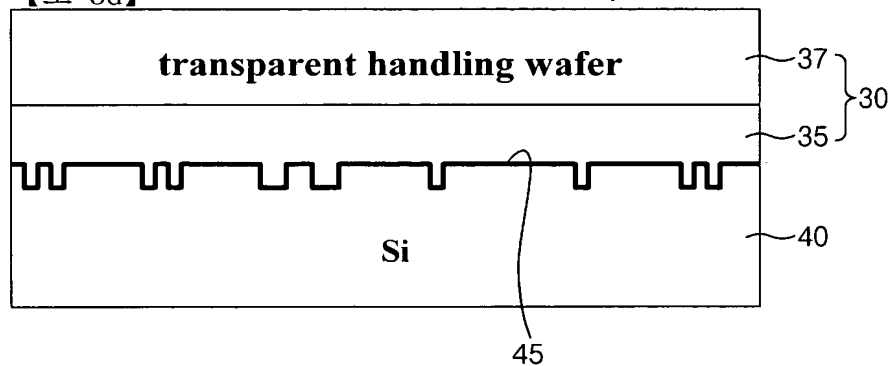




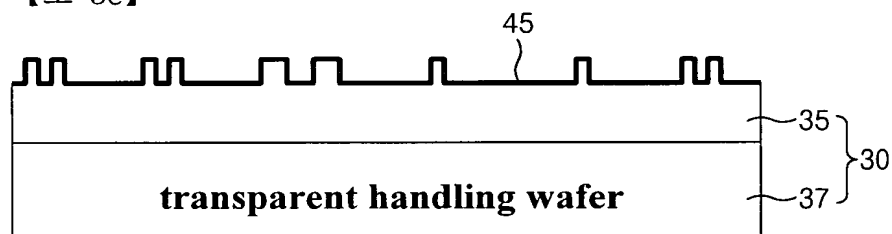
【도 3c】



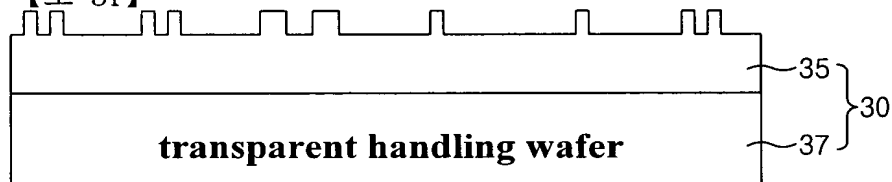
【도 3d】



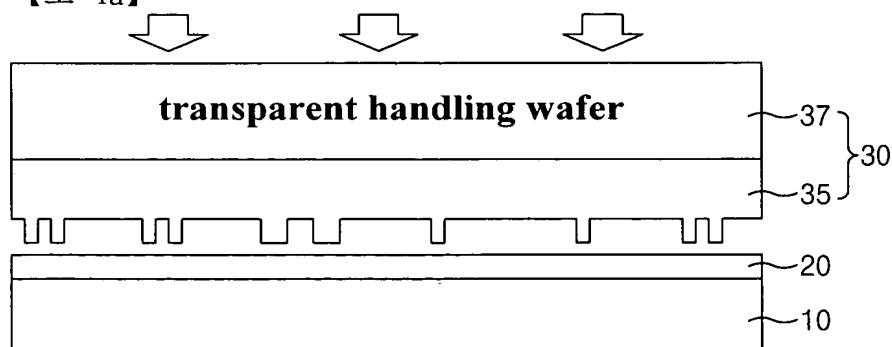
【도 3e】



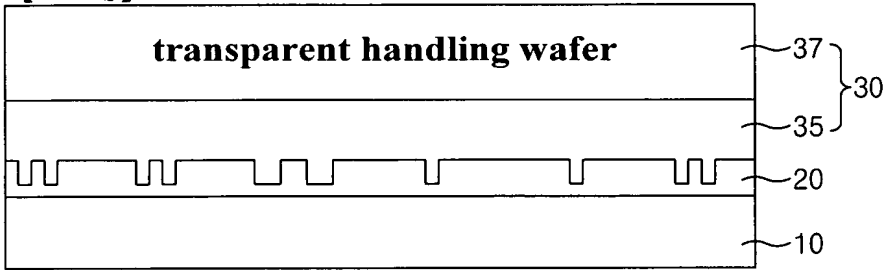
【도 3f】



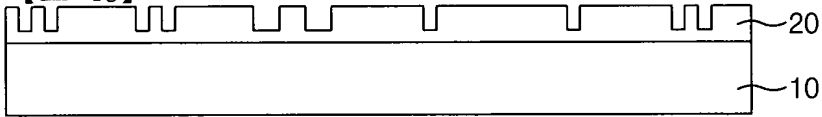
【도 4a】



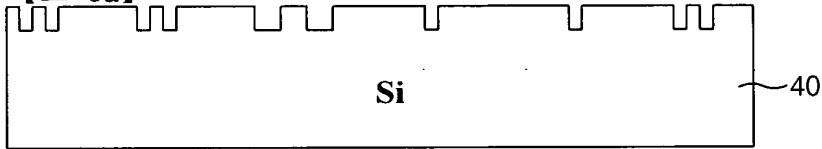
【도 4b】



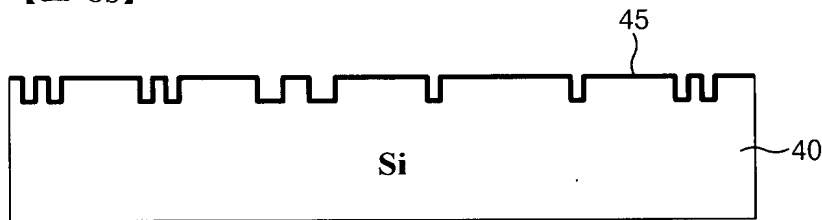
【도 4c】



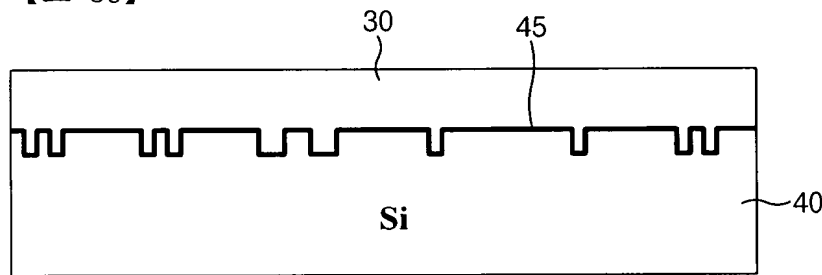
【도 5a】



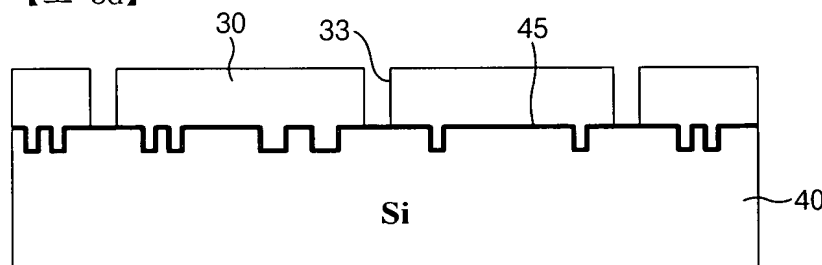
【도 5b】



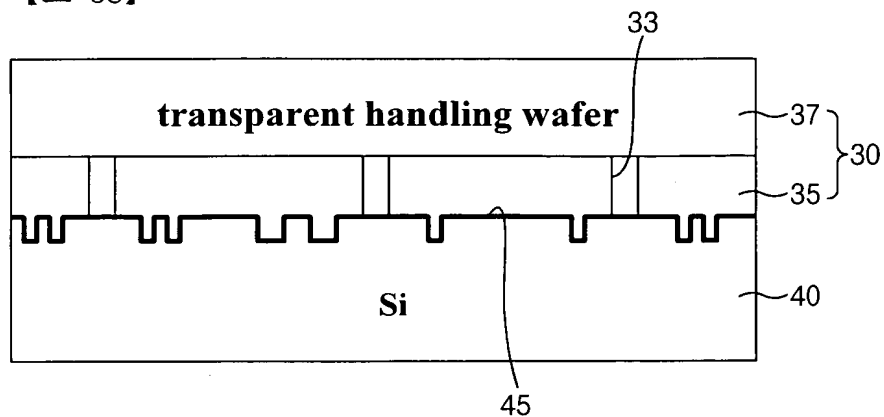
【도 5c】



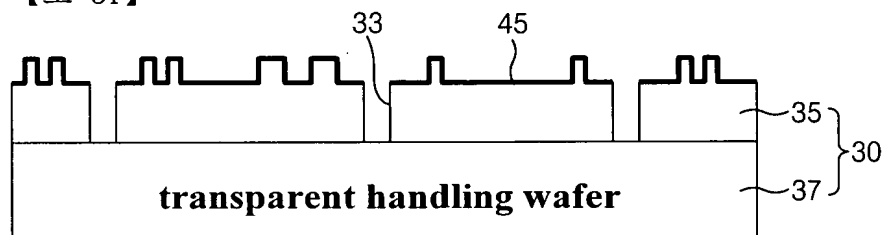
【도 5d】



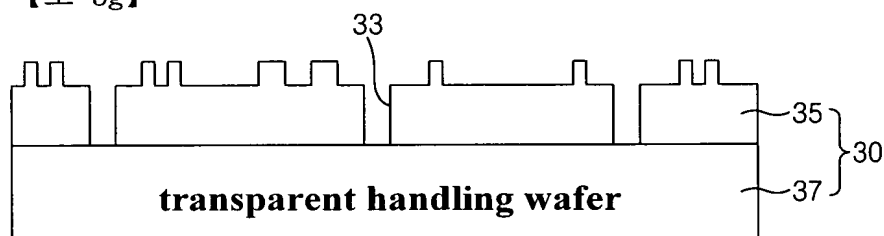
【도 5e】



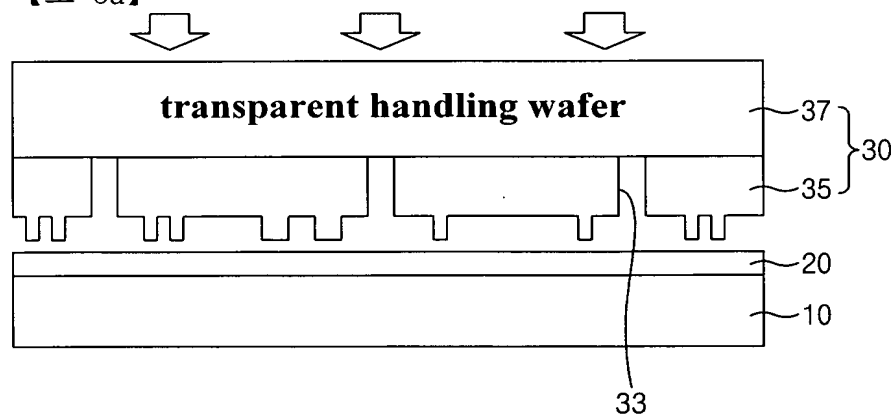
【도 5f】



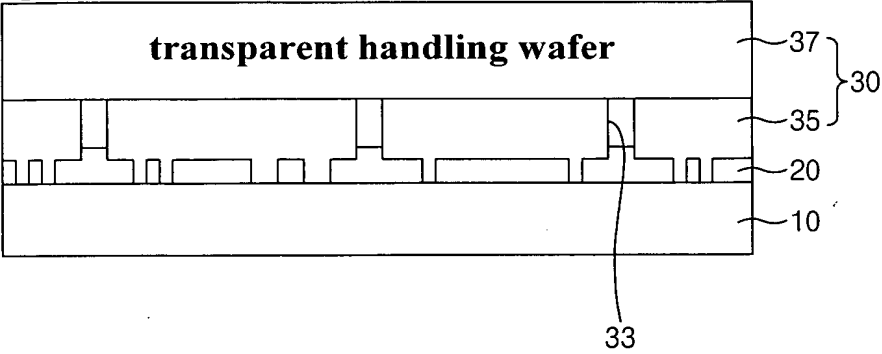
【도 5g】



【도 6a】



【도 6b】



【도 6c】

